

REC'D 13 AUG 2002

WIPO PCT



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 :  
Application Number

특허출원 2002년 제 36184 호  
PATENT-2002-0036184

출원 년 월 일 :  
Date of Application

2002년 06월 27일  
JUN 27, 2002

출원 인 :  
Applicant(s)

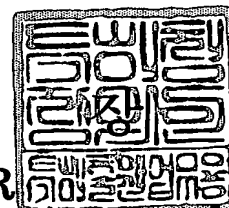
한국과학기술원  
Korea Advanced Institute of Science and Technology



2002 년 07 월 15 일

특 허 청

COMMISSIONER



PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.06.27
【발명의 명칭】	이종모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계
【발명의 영문명칭】	.
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술원
【출원인코드】	3-1998-098866-1
【대리인】	
【성명】	이문재
【대리인코드】	9-1999-000619-2
【포괄위임등록번호】	2002-041579-7
【발명자】	
【성명】	김승우
【출원인코드】	4-2000-021532-1
【발명자】	
【성명】	김민석
【출원인코드】	4-2002-022604-1
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이문재 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	4 면 4,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	7 항 333,000 원
【합계】	366,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	183,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 헤테로다인 간섭법을 이용하여 이동물체의 변위를 알아내는 방법과 장치에 관한 것으로, 이중모드 헬륨-네온 레이저를 헤테로다인 간섭계에 직접 광원으로 사용하여 광원의 손실을 최소화하고, 측정속도와 측정분해능을 높이기 위해 임의의 주파수 신호를 기준신호나 측정신호에 곱하여 획득한 신호로부터 기준신호 또는 측정신호와 임의의 신호의 주파수 차이만을 갖는 신호만을 추출하여 기준 신호와 측정신호의 주파수를 변환한 후 상기 신호의 위상차를 측정하여 이동물체의 변위를 측정하는 것이다.

본 발명에서 제시한 레이저 간섭계 시스템은 레이저 광원부, 광학 간섭계부, 주파수 변환부, 그리고 위상 측정기로 구성된다. 헤테로다인 간섭계에서 사용되는 광원은 주파수가 안정화된 이중모드 헬륨-네온 레이저발생기로부터 출사되는 출력광을 사용하는데, 상기 광은 2개의 주파수를 갖는 광으로 구성되며 서로 수직을 이루면서 선풍편광으로 이루어져 있다.

**【대표도】**

도 3

**【색인어】**

레이저 간섭계, 헤테로다인, 이중모드, 위상 측정, 슈퍼 헤테로다인

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

이종모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계{.}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 헤테로다인 변위 측정 간섭계

도 2는 이종모드 HeNe 레이저의 이득곡선을 도시한 도면

도 3은 본 발명에서 제시하는 이종모드 HeNe 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계를 도시한 도면

도 4a 는 맥놀이 주파수를 낮추지 않았을 경우 측정 대역을 도시한 도면

도 4b는 도플러 주파수가 양의 방향과 음의 방향으로 작용할 때 측정대역을 도시한 도면,

도 4c는 이중 헤테로다인 간섭계에서 음의 방향의 측정대역을 해소하기 위한 구성을 도시한 도면

## \*\* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 \*\*

60...광학 간섭계부    70...레이저 광원부    71...헬륨-네온 레이저 발생기    72...편광판    73...광 검출기    74...출력광    80...주파수 변환부    90...위상 측정기

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <9> 본 발명은 헤테로다인 간섭법을 이용하여 이동물체의 변위를 알아내는 방법과 장치에 관한 것으로, 이중모드 헬륨-네온 레이저를 헤테로다인 간섭계에 직접 광원으로 사용하여 광원의 손실을 최소화하고, 측정속도와 측정분해능을 높이기 위해 임의의 신호를 기준신호나 측정신호에 곱하여 획득한 신호로부터 기준신호 또는 측정신호와 임의의 신호의 주파수 차이만을 갖는 신호만을 추출하여 기준 신호와 측정신호의 주파수를 변환한 후 상기 신호의 위상차를 측정하여 이동물체의 변위를 측정하는 것이다.
- <10> 먼저 본 발명의 이해를 돕기 위해 종래의 헤테로다인 변위 측정 간섭계의 기술 및 원리에 대해 설명한다. 먼저 레이저 광원의 기술 현황에 대해 설명하고자 한다. 헤테로다인 간섭계의 레이저 광원이 되기 위한 조건은 헤테로다인이란 말에 함축되어 있듯이 도 1과 같이 2개의 주파수를 갖는 광을 내보내야 하며 각각의 광은 서로 수직선형 편광이어야 한다. 이러한 광을 만들어 내기 위한 방법은 대표적으로 두 가지가 있는데, 그중 첫 번째 방법은 이득물질에 자장을 걸어 2개의 주파수를 만드는 지만(Zeeman)효과를 이용한 방법과 두 번째 방법으로 음향-광 변조기(Acousto-Optic Modulator, 이하 AOM 이라 칭함)를 이용한 방법으로 대별된다.

<11> 먼저 지만(Zeeman)효과를 이용하여 광원을 얻는 방법에 대해 설명하면, 이득물질에 자장이 가할 때 원자의 스펙트럼이 2개로 나뉘는 지만효과를 이용하여, 단일 모드로 동작하는 레이저에 자장을 인가함으로써 서로 편광이 직교하는 2개의 주파수 광을 얻는 방법이다. 상기방법은 비교적 간단하게 헤테로다인 광원을 구성할 수 있는 장점이 있으나 상기 2개 주파수의 최대 차이는 3 MHz 정도에 불과하여 평면 미러 간섭계를 사용하였을 경우 최대 측정 가능 속도는 475 mm/s로 제한된다.

<12> 두 번째 방법인 AOM를 이용하여 헤테로다인 광원을 만드는 방법은 미국의 자이코(Zygo)사에서 상용화하였는데, 그 방법은 이중모드 레이저에서 발진하는 2개의 주파수 중에서 하나의 주파수를 편광판으로 걸러내고 AOM에 입사시키면, 2개의 주파수 성분을 갖고면서 그 주파수 차이는 20 MHz이고 선형편광을 갖는 광을 얻는 것이다. 상기와 같은 방식으로 얻은 광원은 맥놀이 주파수가 커지므로 지만효과에 의해 얻은 광원에 비해 측정 대역이 커지며 맥놀이 주파수가 안정적이고 레이저가 바뀌더라도 맥놀이 주파수를 같게 맞출 수 있지만 하나의 주파수를 편광판으로 걸러내기 때문에 광 손실이 크고 편광 프리즘에서 완전히 두 빔을 한 축으로 정렬하지 못하므로 측정거리가 10 m 이상 커지면 측정이 어렵게 되는 단점이 있다.

<13> 다음으로 헤테로다인 간섭계의 종래의 위상 측정법과 기술 현황에 대해 설명하고자 한다. 위상 측정기는 일정한 주파수의 기준 신호와 물체가 움직임에 따라 기준 신호의 주파수에 도플러 주파수가 더해진 측정 신호와의 주파수 차를 측정하고 이를 계속 더하

여 변위를 알아내는 역할을 한다. 반사경이  $v$  라는 속도로 움직이면 이로 인한 도플러 주파수  $\Delta f$  는 다음과 같이 주어진다.

$$\langle 14 \rangle \quad \Delta f = 2nv(t) / \lambda \quad (\text{수학식 1})$$

$\langle 15 \rangle$  여기서  $n$ 은 공기의 굴절률,  $\lambda$  는 광의 파장이다. 반사경이 1 m/s로 움직이면 이로 인한 도플러 주파수는 3.16 MHz이며 광이 반사경에 두 번 맞는 평면 거울 간섭계의 경우, 도플러 주파수는 두 배인 6.32 MHz가 된다. 이는 곧 1초에  $6.32 \times 10^6$  개의 간섭무늬가 지나가는 것과 같으며 위상 측정기는 간섭무늬의 개수를 잃어버리지 않도록 높은 대역을 가지고 있어야 한다.

$\langle 16 \rangle$  대부분 위상 측정기는 기준 신호의 주기와 두 신호의 영점을 지나는(zero crossing) 시간차의 비를 측정하여 위상 값을 구한다. 두 신호의 위상은 다음과 같이 정의된다.

$$\langle 17 \rangle \quad \psi = 360^\circ \times \frac{T_+}{T_R} \quad (\text{수학식 2})$$

$\langle 18 \rangle$  여기서  $T_R$  은 기준신호  $V_R$ 의 주기이며,  $T_+$  는 기준신호  $V_R$  과 측정신호  $V_m$ 이 영점을 지나가는 시간차이다. 위상 측정기는  $T_+$  와  $T_R$  의 시간 동안 내부의 클럭을 계수하여 위상 값

을 구한다. 따라서 위상 측정기의 분해능은 기준 신호의 주기와 위상 측정기의 시간 분해능에 의해 결정된다. 즉 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$<19> \Delta\theta = 360^\circ f_R \Delta\tau$$

(수학식 3)

<20> 여기서  $\Delta\theta$  는 위상 측정기의 각도 분해능,  $f_R$ 은 기준 신호의 주파수 그리고  $\Delta\tau$ 는 위상 측정기의 시간 분해능이다. 수학식 3에 의하면 위상측정기의 시간 분해능이 1 nsec이고 기준 신호의 주파수가 10 MHz 일 경우, 위상 분해능은  $3.6^\circ$ 가 되며 기준 신호의 주파수가 1 MHz인 신호의 위상 분해능은  $0.36^\circ$ 가 된다. 이처럼 기준 신호의 주파수가 낮을수록 위상 분해능은 높아지지만 측정 속도에 제약을 받게 된다. 일반적으로 위상 측정은 기준 신호의 한 주기 단위로 이루어지므로 기준 신호의 주파수가 곧 위상 값의 샘플링 주파수가 된다. 하나의 샘플링 기간 동안 위상 변화량이  $2/3$  이상이 되면 위상복원(phase unwrapping)에 어려움이 있다. 즉 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$<21> \Delta\psi < |2\pi/3|$$

(수학식 4)

<22> 여기서  $\Delta\psi$ 는 샘플링 기간 동안의 위상 변화량이다.

<23> 측정할 수 있는 도플러 주파수  $\Delta f$ 의 한계는 수학식 4의 양변을 샘플링 시간, 즉 기준 신호의 반주기로 나누면 얻을 수 있다.



$$\langle 24 \rangle \quad |\Delta f| = \left| \frac{\Delta \psi}{2\pi \left( \frac{T_R}{2} \right)} \right| < \frac{2}{3} f_R \quad (\text{수학식 5})$$

<25> 여기서  $f_R$ 은 기준 신호의 주파수로서  $f_1 - f_2$  를 통해 얻어진다.

<26> 기준 신호의 주파수가 1 MHz이고 평면 거울 간섭계를 사용할 경우 측정 가능한 최대 이송 속도는 수식 1과 수식 5로부터 약 104 mm/s 이다. 최대 이송 속도는 기준 신호의 주파수에 비례하므로 빠르게 움직이는 물체를 측정하려면 기준 신호의 주파수를 크게 해야 하지만 분해능이 낮아지게 된다. 즉 측정 속도  $v$  와 길이 분해능  $\Delta L$  의 관계를 정리하여 나타내면 다음과 같다.

$$\langle 27 \rangle \quad \Delta \tau < 2\Delta \frac{L}{3v} \quad (\text{수학식 6})$$

<28> 종래의 위상 측정법은 모두 수학식 6의 관계식을 만족시켜야 하므로 측정 속도와 측정분해능을 모두 높이기 위해서는 시간 분해능을 높이는 방법밖에 없다. 이송 속도 2 m/s에 분해능 0.3 nm를 구현하려면 최소한 100 ps의 시간 분해능이 필요하므로 구현하기 힘들고 고가일 수 밖에 없다.

<29> 즉 상기와 같이 종래의 헤테로다인 간섭계는 광원을 만들기 위한 과정 중에 광손실이 크기 때문에 고효율의 광원을 얻기가 어렵고, 높은 측정속도와 측정분해능을 얻기 위

해서는 시간분해능을 높여야 하나 시간분해능을 무한대로 높일 수 없으므로 이로 인해 실제 시스템 구현에 문제점을 가지고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<30> 본 발명은 헤테로다인 간섭법을 이용하여 이동물체의 변위를 알아내는 방법과 장치에 관한 것으로, 이중모드 헬륨-네온 레이저를 헤테로다인 간섭계에 직접 광원으로 사용하여 광원의 손실을 최소화하고, 측정속도와 측정분해능을 높이기 위해 임의의 주파수 신호를 기준신호나 측정신호에 곱하여 획득한 신호로부터 기준신호 또는 측정신호와 임의의 신호의 주파수 차이만을 갖는 신호만을 추출하여 기준 신호와 측정신호의 주파수를 변환한 후 상기 신호의 위상차를 측정하여 이동물체의 변위를 측정하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<31> 본 발명은 간섭계에 사용하기 위한 주파수가 안정화된 이중모드 헬륨-네온 레이저 광원과, 간섭무늬를 생성하는 공지의 광학 간섭계와 간섭무늬를 전기 신호로 변환하는 감지수단 및 상기 감지수단으로부터 획득한 신호의 위상을 측정하는 위상 측정 장치로 구성된다.

<32> 이중모드 헬륨-네온 레이저란 공진기의 길이가 150 ~ 200 mm 정도로서 도 2와 같이 헬륨-네온의 이득 곡선(40)에 공진기의 정상파 조건에 맞는 두개의 모드(45)(46)가 존재하여 서로 다른 두개의 주파수를 갖는 광을 출력하는 레이저를 말한다. 두 모드간의 간격은 자유 스펙트럼 영역(Free Spectral Range)에 의해 결정되며 공진기의 길이에 따라 다

르나 일반적으로 600~1000 MHz 사이의 값을 갖는다. 또한 두 모드는 서로 수직 선형 편광 상태에 있어 하나의 모드가 P 편광이면 나머지 모드는 S 편광 상태에 있게 된다.

<33> 이하 이중모드 헬륨-네온 레이저를 이용하여 본 발명에서 제시하는 헤테로다인 변위 측정 레이저 간섭계의 실시예를 설명한다.

<34> 도 3은 본 발명에서 제시한 레이저 간섭계 시스템을 개략적으로 나타낸 것이다. 레이저 간섭계 시스템은 크게 레이저 광원부(70), 광학 간섭계부(60), 주파수 변환부(80), 그리고 위상 측정기(90)로 구성된다. 헤테로다인 간섭계에서 사용되는 광원은 주파수가 안정화된 이중모드 헬륨-네온 레이저발생기(71)로부터 출사되는 출력광(74)를 사용하는데, 상기 광은 2개의 주파수를 갖는 광으로 구성되며 서로 수직을 이루면서 선형편광으로 이루어져 있다. 상기 출력광의 일부(75)는 기준신호로 사용하기 위해 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(72)을 거쳐 간섭을 일으킨다. 상기 간섭된 광은 광검출기(73)를 거쳐 전기신호(76)로 변환되며, 이는 이동물체에 입사되어 출력되는 측정신호와 비교하기 위해 기준신호로 사용된다. 상기 기준신호를 수학식으로 표현하면 다음과 같다.

$$<35> V_r = A \cos[2\pi(f_1 - f_2)t]$$

(수학식 7)

<36> 여기서  $V_r$ 은 기준신호이며,  $A$ 는 신호의 진폭이고  $f_1$ ,  $f_2$  출력광에 포함된 주파수 성분이다. 한편 레이저발생기(71)에서 주사되는 나머지 출력광(74)은 편광방향에 따라 광을 분리하는 편광분할기(62)에 입사된 후 나뉘어져 주파수 성분  $f_1$ 을 갖는 광(67)은 고정반사경(61)으로 진행되고, 주파수 성분  $f_2$ 를 갖는 광(66)은 이동물체에 장착된 이동반사경

(63)으로 진행된다. 상기 고정반사경과 이동반사경에 입사된 광은 반사되어 상기 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(64)에서 합쳐져 간섭된 후 광검출기(65)로 입사된다. 상기 광검출기에 입사된 광은 전기신호로 변환되는데 상기 변환된 출력신호(68)는 측정신호로 사용된다. 주파수 성분  $f_1$ 을 갖는 광이 공기중에서  $d_1$  만큼 진행했다면 실제 이동 광경로는  $2nd_1$  이 되고, 주파수 성분  $f_2$ 를 갖는 광이 공기중에  $d_2$  만큼 진행했다면 광경로는  $2nd_2$  가 되므로 측정신호는 아래와 같이 표현된다.

$$<37> V_m = B \cos \{ 2\pi(f_1 - f_2)t + 2nd_1/\lambda_1 - 2nd_2/\lambda_2 \} \quad (\text{수학식 8})$$

<38> 여기서  $V_m$  은 측정신호이고, B는 신호의 진폭이며, n은 공기굴절률,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ 는  $f_1$ ,  $f_2$  주파수 성분을 갖는 광의 파장을 나타낸다.

<39> 간섭계에서 절대적인 위상값은 중요하지 않으므로 상기 기준신호를 나타내는 수학식 7과 측정신호를 나타내는 수학식 8로부터 두 신호의 위상차는 다음과 같다.

$$<40> \psi \cong 4\pi n(d_1 - d_2)/\lambda_2 \quad (\text{수학식 9})$$

<41> 여기서  $\lambda_1$  와  $\lambda_2$  는 거의 동일하므로 같은 것으로 가정하였다.

<42> 상기 측정신호(68)는 이동반사경(63)의 이동속도와 이동방향에 따라 도플러효과에 의해 주기가 변하게 되며 기준신호(76)는 주기가 일정하다. 상기 기준신호와 측정신호의 상대

적인 위상차를 연속적으로 측정하면 이동반사경이 장착된 이동물체의 변위를 측정할 수 있다.

<43> 측정분해능은 상기 두 신호의 위상차를 분해하는 정도에 따라 결정된다. 상술한 바와 같이 이중모드 헬륨-네온 레이저란 공진기의 길이가 150 ~ 200 mm 정도로서 두 모드간의 간격은 자유 스펙트럼 영역(Free Spectral Range)에 의해 결정되며 공진기의 길이에 따라 다르나 일반적으로 600~1000 MHz 사이의 값을 갖는다. 만약 레이저 광의 파장이 633 nm 이라고 가정할 때 0.1 nm의 측정분해능을 얻기 위해서는 상기 수학식 9를 적용하면  $2 \times 360^\circ \times (0.1 \text{ nm}) / 633 \text{ nm} = 0.1^\circ$ 의 위상 측정 분해능이 필요하다. 하지만 상기와 같이 작은 위상은 위상 검출기(phase meter)에서 직접 위상 측정이 어렵다. 이를 해결하기 위해 본 발명에서는 슈퍼 헤테로다인 기법을 이용하여 기준 신호와 측정 신호의 위상을 바꾸지 않고 주파수를 낮춤으로써 맥놀이 주파수가 크더라도 위상 측정이 가능하게 구성하였다.

<44> 이하 측정 분해능을 높일 수 있는 방법에 대해 설명한다.

<45> 기준신호에 해당하는 맥놀이 주파수에 근접한 국부신호(87)를 국부 발진기(82)에서 인위적으로 만들어 이를 측정신호와 기준신호에 인가하기 위해 신호 분할기(83)에서 두 개의 신호로 분리한다. 상기에서 근접한 국부신호(87)는 맥놀이 주파수보다 1-20MHz 정도 차이나는 것이 바람직하나, 이는 시스템의 구성에 따라 결정하면 된다. 상기 분리된 신호(88)(89)는 각각 기준신호(76), 측정신호(68)와 믹서(81)(86)에서 곱해진다. 믹서의 출력(91)(92)에서는 곱해진 두 신호의 주파수가 합이 되는 신호와 차가 되는 신호가 나오는데 합이 되는 신호는 필터(84)(85)에 의해 제거된다. 필터의 출력(93)(94)을 위상 검

출기(100)에 넣어 위상을 측정한다. 주파수가 낮춰진 기준신호(93)와 측정신호(94)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$<46> \quad V_r' = A \cos 2\pi f t \quad (\text{수학식 } 10)$$

$$<47> \quad V_m' = B \cos \{2\pi(f t + 2nd_1/\lambda_1 - 2nd_2/\lambda_2)\} \quad (\text{수학식 } 11)$$

<48> 여기서  $f = f_1 - f_2 - f_{L0}$ , 이고  $f_{L0}$ 는 국부 발진기 신호의 주파수이다.  $f_{L0}$ 를 맥놀이 주파수와 비슷하게 설정하면 위상 측정기의 측정 대역으로 맥놀이 신호의 주파수를 낮출 수 있다.  $f_{L0}$ 는 가변이 가능하므로 측정 물체의 속도와 분해능에 따라 기준 신호와 측정 신호의 주파수를 조절할 수 있다. 이종모드 레이저의 출력은 2 mW 이상이므로 평면 미러 간섭계의 효율을 60%, 한 측당 측정 가능한 최소 광강도를 50 mW이라고 가정하면 이를 간섭계의 광원으로 사용할 경우 20 측 이상 측정이 가능하게 된다.

<49> 하지만 이렇게 기준 주파수를 낮추면 측정 대역이 제한을 받게 된다. 도4a는 맥놀이 주파수를 낮추지 않았을 경우 측정 대역을 나타낸 것으로 도플러 주파수가 양의 방향으로 작용할 경우(110)와 음의 방향으로 작용할 경우(111)의 대역폭이 같다. 그러나 맥놀이 주파수를 낮추었을 경우 도4b에서처럼 도플러 주파수가 양의 방향으로 작용할 때 대역(112)은 변함이 없지만 음의 방향일 때 측정 대역(113)이 좁아지는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 본 발명에서는 이중 헤테로다인 법(two-way heterodyne technique)을 사용한다.

- <50> 도 4c는 이중 헤테로다인 법의 실시예를 도시한 것이다. 측정신호(115)를 신호 분할기(116)로 나눈 후 나뉘어진 측정신호(121)(122)는 각각 주파수가  $f_b + f$  인 국부 발진기 신호(123), 주파수가  $f_b - f$  인 국부 발진기 신호(124)와 두개의 믹서(117)(118)에서 곱해진다.(여기서  $f_b$  는 맥놀이 주파수임)
- <51> 믹서의 출력(125)(126) 중에서 고 주파수 성분은 필터(119)(120)에 의해 제거된다. 필터의 출력은 각각 주파수가  $f + \Delta f$  인 신호(127)와  $f - \Delta f$  인 신호(128)가 되며 위상 측정기(130)(131)에서 도플러 주파수 양을 측정한다. 도플러 주파수가 양의 부호일 경우 주파수가  $f + \Delta f$ 인 신호(127)와 위상 측정기(130)의 측정값을 사용하고, 음의 부호일 경우 주파수가  $f - \Delta f$  인 신호(128)와 위상 측정기(131)의 측정값을 사용하면 항상 양의 방향의 대역을 사용하므로 도플러 주파수의 부호에 관계없이 같은 대역을 사용할 수 있다. 두 개의 위상 측정기(130)(131)를 사용하므로 물체의 운동 방향이 바뀔 때 위상 측정기도 같이 변경되도록 하고 위상 측정기가 변경될 때 위상 측정기 상호간에 위상 값이 교환되도록 하여 측정 방향이 바뀌더라도 위상 손실이 없도록 한다.
- <52> 헤테로다인 간섭계는 널리 사용되는 공지의 변위 측정기기이다. 따라서 본 발명에서는 권리범위에 해당하지 않는 구성이나 구현방법들은 공지의 헤테로다인 간섭계로부터 당업자가 용이하게 실시할 수 있는 부분이므로 이에 대한 자세한 언급은 생략한다.

### 【발명의 효과】

- <53> 상술한 바와 같이 이중모드 헬륨-네온 레이저를 헤테로다인 간섭계에 직접 사용할 수 있는 구성과 방법을 제안함으로써 여러 축의 변위를 측정할 때 동시에 측정할 수 있

도록 하였다. 또한 상기 이중모드 헬륨-네온 레이저를 사용할 때 맥놀이 주파수가 큼에 따라 대두되는 측정분해능 저하문제를 해결하기 위해 국부 발진기에서 인위적으로 임의의 주파수 성분을 갖는 임의신호를 만들어 이를 측정신호와 기준신호에 인가하여 조합함으로써 별다른 구성요소의 추가 없이 측정분해능을 높일 수 있다.



## 【특허청구범위】

## 【청구항 1】

레이저 광원부(70), 광학 간섭계부(60), 주파수 변환부(80), 위상 측정기(90)로 구성되는 헤테로다인 간섭계에 있어서

상기 레이저 광원부는 이중모드 헬륨-네온 레이저발생기(71)를 적용하며, 상기 레이저 발생기에서 발생하는 출력광원은 2개의 주파수를 갖는 광으로 구성되고, 서로 수직이면서 선형편광을 이루며, 상기 출력광의 일부(75)는 기준신호로 사용되고, 나머지 출력광(74)은 측정신호로 사용되는 것을 특징으로 하는 이중모드 HeNe 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

## 【청구항 2】

제1항에 있어서

상기 기준신호는 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(72)을 거쳐 간섭된 광이 광검출기(73)를 거쳐 전기신호(76)로 변환되어,

$$V_r = A \cos[2\pi(f_1 - f_2)t] \quad (\text{식 a})$$

와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

(식 a 에서  $V_r$  은 기준신호이며, A는 신호의 진폭이고  $f_1$  ,  $f_2$  출력광에 포함된 주파수 성분임)

## 【청구항 3】

제1항에 있어서

상기 측정신호는 편광분할기(62)에 입사된 후 분할되어 주파수성분 $f_1$ 을 갖는 광(67)은 고정반사경(61)으로 진행되고, 주파수 성분 $f_2$ 를 갖는 광(66)은 이동물체에 장착된 이동 반사경(63)으로 진행되며, 상기 고정반사경과 이동반사경에 입사된 광은 반사되어 상기 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(64)에서 합쳐져 간섭된 후 광검출기(65)로 입사되고, 상기 광검출기에 입사된 광은 전기신호로 변환되어

$$V_m = B \cos \{ 2\pi(f_1 - f_2)t + 2nd_1/\lambda_1 - 2nd_2/\lambda_2 \} \quad (\text{식 b})$$

와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

(식 b에서  $V_m$  은 측정신호이고,  $b$ 는 신호의 진폭이고,

$f_1$ ,  $f_2$  은 출력광에 포함된 주파수 성분이며,

$\lambda_1$  및  $\lambda_2$ 는  $f_1$ ,  $f_2$  주파수 성분을 갖는 광의 파장

$d_1$  은 주파수 성분 $f_1$ 을 갖는 광이 공기중에서 진행한 거리이고,

$d_2$  은 주파수 성분  $f_2$  를 갖는 광이 공기중에서 진행한 거리이며,

$n$  은 공기의 굴절률임)

## 【청구항 4】

제1항에 있어서

상기 기준신호에 해당하는 맥놀이 주파수에 근접한 국부신호(87)를 국부 발진기(82)에서 생성하여, 신호 분할기(83)에서 두 개의 신호로 분리한 후, 상기 분리된 신호(88)(89)는 기준신호(76)와 믹서(86)에서 곱하고, 상기 측정신호(68)와 믹서(81)에서 곱하며, 상기 기준신호에 국부신호를 곱한 믹서의 출력(91) 신호 중 상기 기준신호와 국부신호의 합이 되는 신호는 필터(84)에서 제거하고, 상기 기준신호와 국부 신호의 차가 되는 신호는 위상 검출기(100)에 입력하며, 측정신호와 국부신호를 곱한 믹서의 출력(92) 신호 중 상기 측정신호와 국부신호의 합이 되는 신호는 필터(85)에 의해 제거하고, 상기 측정신호와 국부신호의 차가 되는 신호는 위상 검출기(100)에 입력하여 위상을 측정하는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상 측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

#### 【청구항 5】

제 4항에 있어서

기준신호와 국부신호의 차가 되는 신호는

$$V'_r = A \cos 2\pi f t \quad (\text{식 c})$$

로 표현하고,

측정신호와 국부신호의 차가 되는 신호는

$$V'_m = B \cos \{ 2\pi (f t + 2n d_1 / \lambda_1 - 2n d_2 / \lambda_2) \} \quad (\text{식 d})$$

와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

( 여기서  $f = f_1 - f_2 - f_{LO}$  , 이고  $f_{LO} < f_1$  ,  $f_2$  는 국부 발진기 신호의 주파수이며,

$f_1, f_2$  은 출력광에 포함된 주파수 성분이고,

$\lambda_1$  및  $\lambda_2$ 는  $f_1$  ,  $f_2$  주파수 성분을 갖는 광의 파장,

$d_1$  은 주파수 성분  $f_1$ 을 갖는 광이 공기 중에서 진행한 거리이고,

$d_2$ 는 주파수 성분  $f_2$  를 갖는 광이 공기 중에서 진행한 거리이며,

$n$  은 공기의 굴절률임)

#### 【청구항 6】

제3항에 있어서

상기 전기신호로 변환된 측정신호(115)를 신호 분할기(116)를 통해 분할한 후, 그중 하나의 측정신호(121)는 주파수가  $f_b + f$ 인 국부발진기 신호(123)를 믹서(117)에서 곱하고, 나머지 측정신호(122)는  $f_b - f$ 인 국부 발진기 신호(124)와 믹서(118)에서 곱한 후, 믹서의 출력(125)(126) 중에서 고 주파수 성분은 필터(119)(120)에 의해 제거하여 주파수가  $f_{+M}$ 인 신호(127) 와  $f_{-M}$ 인 신호(128)를 만들고, 도플러 주파수가 양의 부호이면 주파수가  $f_{+M}$  인 신호(127)를 적용하여 위상을 측정하고, 도플러 주파수가 음의 부호이면 주파수가  $f_{-M}$  인 신호(128)를 적용하여 위상을 측정하는 것을 특징으로 하는 이중

모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계. (여기서  $f_b$  는 맥놀이 주파수임)

### 【청구항 7】

레이저 광원부(70), 광학 간섭계부(60), 주파수 변환부(80), 위상 측정기(90)로 구성되는 헤테로다인 간섭계에 있어서

상기 레이저 광원부는 이중모드 헬륨-네온 레이저발생기(71)를 적용하며, 상기 레이저 발생기에서 발생하는 출력광원은 2개의 주파수를 갖는 광으로 구성되고, 서로 수직이면서 선형편광을 이루며, 상기 출력광의 일부(75)는 기준신호로 사용되고, 나머지 출력광(74)은 측정신호로 사용되고,

상기 기준신호는 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(72)을 거쳐 간섭된 광이 광검출기(73)를 거쳐 전기신호(76)로 변환되며,

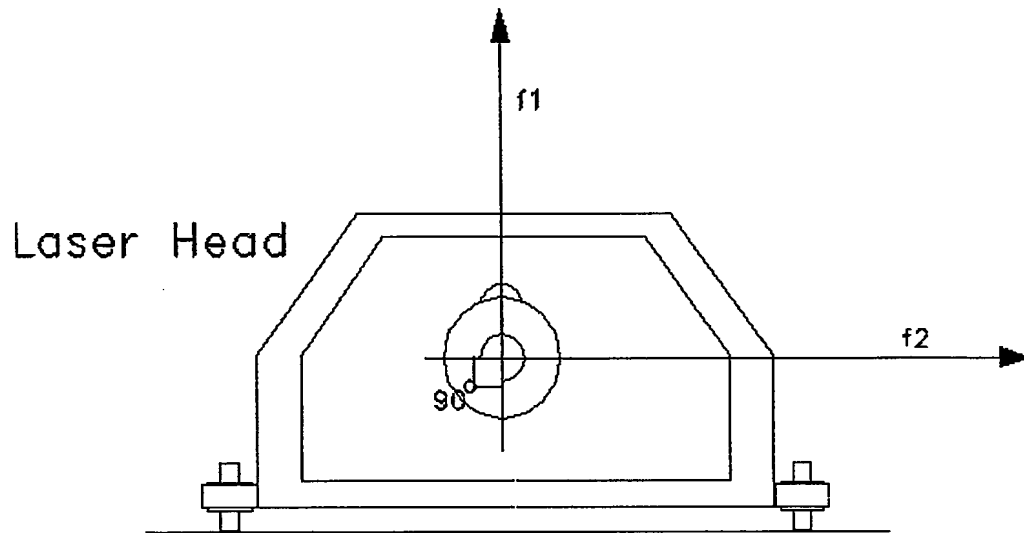
상기 측정신호는 편광분할기(62)에 입사된 후 분할되어 주파수성분 $f_1$ 을 갖는 광(67)은 고정반사경(61)으로 진행되고, 주파수 성분 $f_2$ 를 갖는 광(66)은 이동물체에 장착된 이동반사경(63)으로 진행되며, 상기 고정반사경과 이동반사경에 입사된 광은 반사되어 상기 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(64)에서 합쳐져 간섭된 후 광검출기(65)로 입사되고, 상기 광검출기에 입사된 광은 전기신호로 변환되며,

상기 기준신호에 해당하는 맥놀이 주파수에 근접한 국부신호(87)를 국부 발진기(82)에서 생성하여, 신호 분할기(83)에서 두 개의 신호로 분리한 후, 상기 분리된 신호(88)(89)는 기준신호(76)와 믹서(86)에서 곱하고, 상기 측정신호(68)와 믹서(81)에서 곱하며, 상기

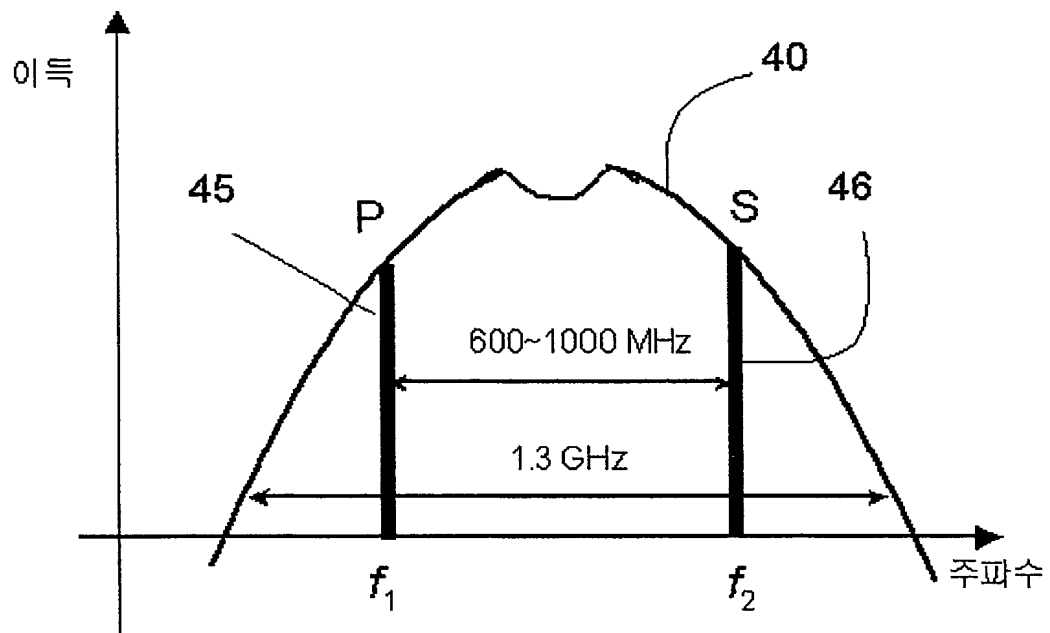
기준신호에 국부신호를 곱한 믹서의 출력(91) 신호 중 상기 기준신호와 국부신호의 합이 되는 신호는 필터(84)에서 제거하고, 상기 기준신호와 국부 신호의 차가 되는 신호는 위상 검출기(100)에 입력하며, 측정신호와 국부신호를 곱한 믹서의 출력(92) 신호 중 상기 측정신호와 국부신호의 합이 되는 신호는 필터(85)에 의해 제거하고, 상기 측정신호와 국부신호의 차가 되는 신호는 위상 검출기(100)에 입력하여 위상을 측정하는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

## 【도면】

【도 1】

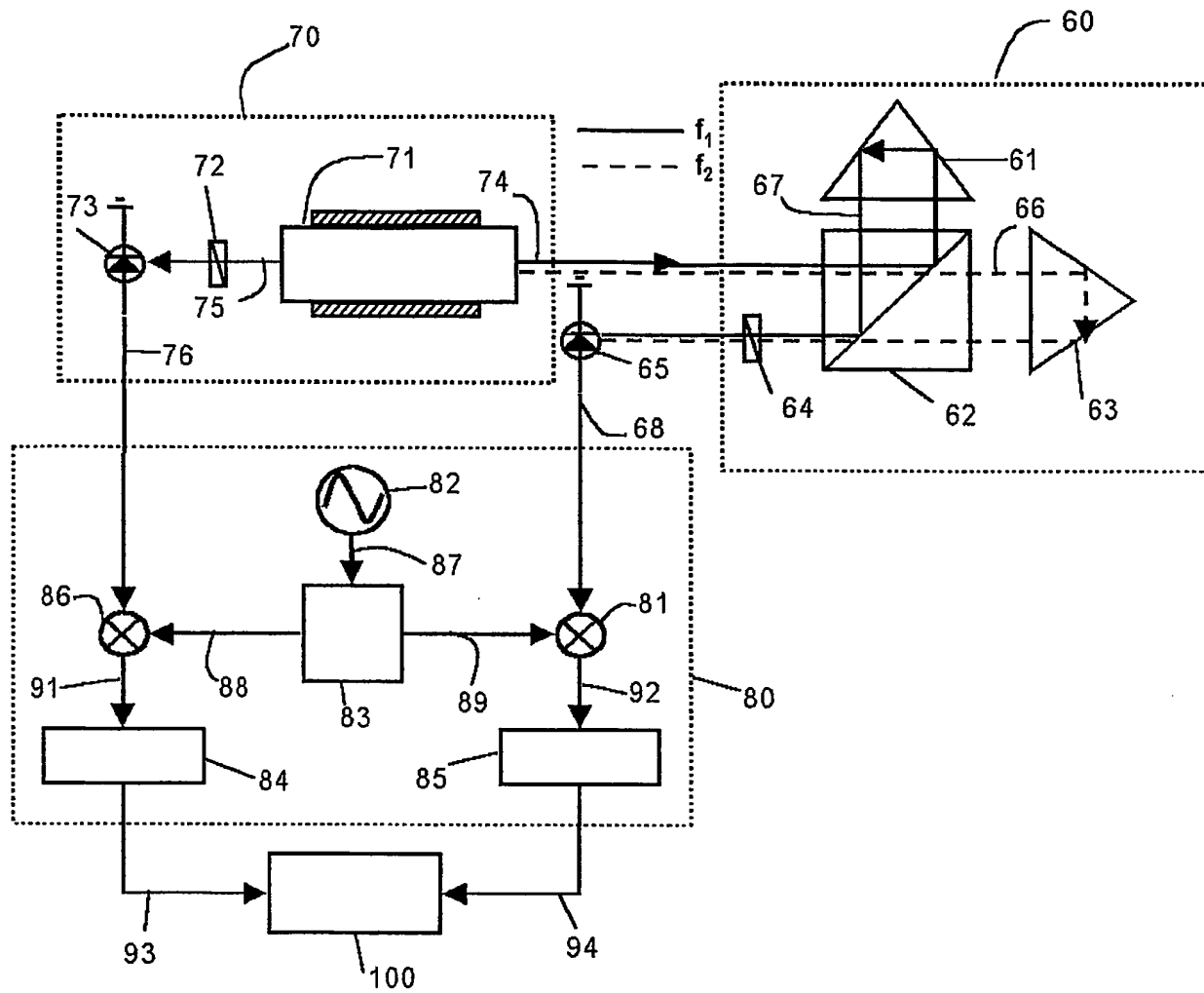


【도 2】

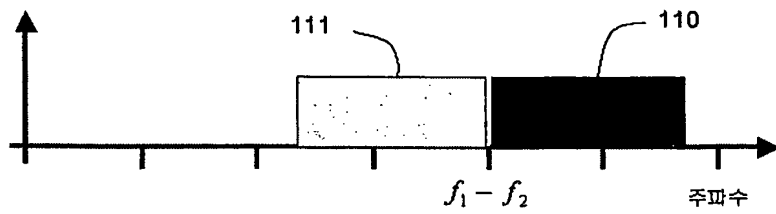




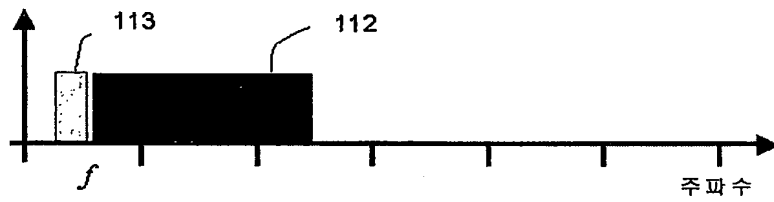
【도 3】



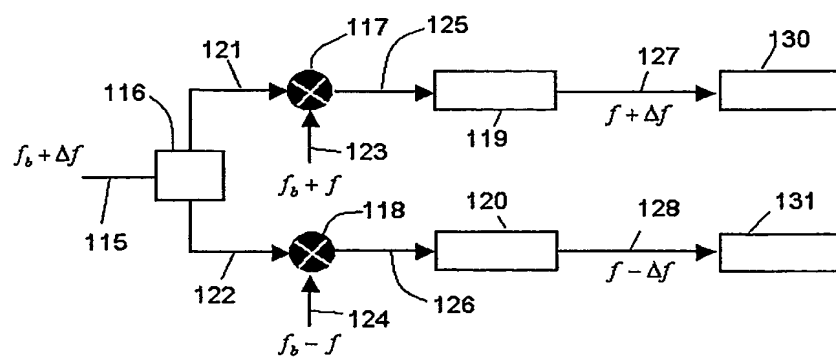
【도 4a】



【도 4b】



【도 4c】



## 【서지사항】

【서류명】	명세서 등 보정서
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.07.08
【제출인】	
【명칭】	한국과학기술원
【출원인코드】	3-1998-098866-1
【사건과의 관계】	출원인
【대리인】	
【성명】	이문재
【대리인코드】	9-1999-000619-2
【사건의 표시】	
【출원번호】	10-2002-0036184
【출원일자】	2002.06.27
【심사청구일자】	2002.06.27
【발명의 명칭】	이종모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상 측 정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계
【제출원인】	
【접수번호】	1-1-02-0201854-39
【접수일자】	2002.06.27
【보정할 서류】	명세서 등
【보정할 사항】	
【보정대상항목】	별지와 같음
【보정방법】	별지와 같음
【보정내용】	별지와 같음
【취지】	특허법시행규칙 제13조·실용신안법시행규칙 제8조의 규정 에 의하여 위와 같이 제출합니다. 대리인 이문재 (인)
【수수료】	
【보정료】	0 원
【추가심사청구료】	0 원
【기타 수수료】	0 원
【합계】	0 원

0020036184

출력 일자: 2002/7/27

【첨부서류】

1. 보정내용을 증명하는 서류\_1통

【보정대상항목】 청구항 2

【보정방법】 정정

【보정내용】

제1항에 있어서

상기 기준신호는 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(72)을 거쳐 간섭된 광이 광검출기(73)를 거쳐 전기신호(76)로 변환되어,

$$V_r = A \cos[2\pi(f_1 - f_2)t] \quad (\text{식 a})$$

와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

(식 a 에서  $V_r$  은 기준신호이며, A는 신호의 진폭이고  $f_1$  ,  $f_2$  출력광에 포함된 주파수 성분임)

【보정대상항목】 청구항 3

【보정방법】 정정

【보정내용】

제1항에 있어서

상기 측정신호는 편광분할기(62)에 입사된 후 분할되어 주파수 성분  $f_1$ 을 갖는 광(67)은 고정반사경(61)으로 진행되고, 주파수 성분  $f_2$ 를 갖는 광(66)은 이동물체에 장착된 이동반사경(63)으로 진행되며, 상기 고정반사경과 이동반사경에 입사된 광은 반사되어 상기

2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(64)에서 합쳐져 간섭된 후 광검출기(65)로 입사되고, 상기 광검출기에 입사된 광은 전기신호로 변환되어

$$V_m = B \cos \{ 2\pi(f_1 - f_2)t + 2nd_1/\lambda_1 - 2nd_2/\lambda_2 \} \quad (\text{식 b})$$

와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

(식 b에서  $V_m$  은 측정신호이고, B는 신호의 진폭이고,

$f_1$ ,  $f_2$  은 출력광에 포함된 주파수 성분이며,

$\lambda_1$  및  $\lambda_2$ 는  $f_1$ ,  $f_2$  주파수 성분을 갖는 광의 파장

$d_1$  은 주파수 성분  $f_1$ 을 갖는 광이 공기중에서 진행한 거리이고,

$d_2$  은 주파수 성분  $f_2$  를 갖는 광이 공기중에서 진행한 거리이며,

$n$  은 공기의 굴절률임)

【보정대상항목】 청구항 5

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 4항에 있어서

기준신호와 국부신호의 차가 되는 신호는

$$V_r = A \cos 2\pi f t \quad (\text{식 c})$$

로 표현하고,

측정신호와 국부신호의 차가 되는 신호는

$$V_m = B \cos \{ 2\pi (ft + 2nd_1/\lambda_1 - 2nd_2/\lambda_2) \} \quad (\text{식 d})$$

와 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

( 여기서  $f = f_1 - f_2 - f_{LO}$  , 이고  $f_{LO}$  는 국부 발진기 신호의 주파수이며,

$f_1, f_2$  은 출력광에 포함된 주파수 성분이고,

$\lambda_1$  및  $\lambda_2$  는  $f_1, f_2$  주파수 성분을 갖는 광의 파장,

$d_1$  은 주파수 성분  $f_1$  을 갖는 광이 공기 중에서 진행한 거리이고,

$d_2$  는 주파수 성분  $f_2$  를 갖는 광이 공기 중에서 진행한 거리이며,

$n$  은 공기의 굴절률임)

【보정대상항목】 청구항 6

【보정방법】 정정

【보정내용】

제3항에 있어서

상기 전기신호로 변환된 측정신호(115)를 신호 분할기(116)를 통해 분할한 후, 그중 하나의 측정신호(121)는 주파수가  $f_b + f$  인 국부발진기 신호(123)를 믹서(117)에서 곱하고, 나머지 측정신호(122)는  $f_b - f$  인 국부 발진기 신호(124)와 믹서(118)에서 곱한 후, 믹서의 출력(125)(126) 중에서 고 주파수 성분은 필터(119)(120)에 의해 제거하여 주파수가  $f \pm \Delta f$  인 신호(127) 와  $f \mp \Delta f$  인 신호(128)를 만들고, 도플러 주파수가 양의 부호인

면 주파수가  $f + \Delta f$  인 신호(127)를 적용하여 위상을 측정하고, 도플러 주파수가 음의 부호이면 주파수가  $f - \Delta f$  인 신호(128)를 적용하여 위상을 측정하는 것을 특징으로 하는 이중 모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계. (여기서  $f_b$  는 맥놀이 주파수임)

【보정대상항목】 청구항 7

【보정방법】 정정

【보정내용】

레이저 광원부(70), 광학 간섭계부(60), 주파수 변환부(80), 위상 측정기(90)로 구성되는 헤테로다인 간섭계에 있어서

상기 레이저 광원부는 이중모드 헬륨-네온 레이저발생기(71)를 적용하며, 상기 레이저 발생기에서 발생하는 출력광원은 2개의 주파수를 갖는 광으로 구성되고, 서로 수직이면서 선형편광을 이루며, 상기 출력광의 일부(75)는 기준신호로 사용되고, 나머지 출력광(74)은 측정신호로 사용되고,

상기 기준신호는 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(72)을 거쳐 간섭된 광이 광검출기(73)를 거쳐 전기신호(76)로 변환되며,

상기 측정신호는 편광분할기(62)에 입사된 후 분할되어 주파수 성분  $f_1$ 을 갖는 광(67)은 고정반사경(61)으로 진행되고, 주파수 성분  $f_2$ 를 갖는 광(66)은 이동물체에 장착된 이동반사경(63)으로 진행되며, 상기 고정반사경과 이동반사경에 입사된 광은 반사되어 상기 2개의 광에 대해 편광축이 45°기울어진 편광판(64)에서 합쳐져 간섭된 후 광검출기(65)로 입사되고, 상기 광검출기에 입사된 광은 전기신호로 변환되며,



상기 기준신호에 해당하는 맥놀이 주파수에 근접한 국부신호(87)를 국부 발진기(82)에서 생성하여, 신호 분할기(83)에서 두 개의 신호로 분리한 후, 상기 분리된 신호(88)(89)는 기준신호(76)와 믹서(86)에서 곱하고, 상기 측정신호(68)와 믹서(81)에서 곱하며, 상기 기준신호에 국부신호를 곱한 믹서의 출력(91) 신호 중 상기 기준신호와 국부신호의 합이 되는 신호는 필터(84)에서 제거하고, 상기 기준신호와 국부 신호의 차가 되는 신호는 위상 검출기(100)에 입력하며, 측정신호와 국부신호를 곱한 믹서의 출력(92) 신호 중 상기 측정신호와 국부신호의 합이 되는 신호는 필터(85)에 의해 제거하고, 상기 측정신호와 국부신호의 차가 되는 신호는 위상 검출기(100)에 입력하여 위상을 측정하는 것을 특징으로 하는 이중모드 헬륨-네온 레이저와 슈퍼 헤테로다인 위상측정법을 이용한 헤테로다인 레이저 간섭계

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**